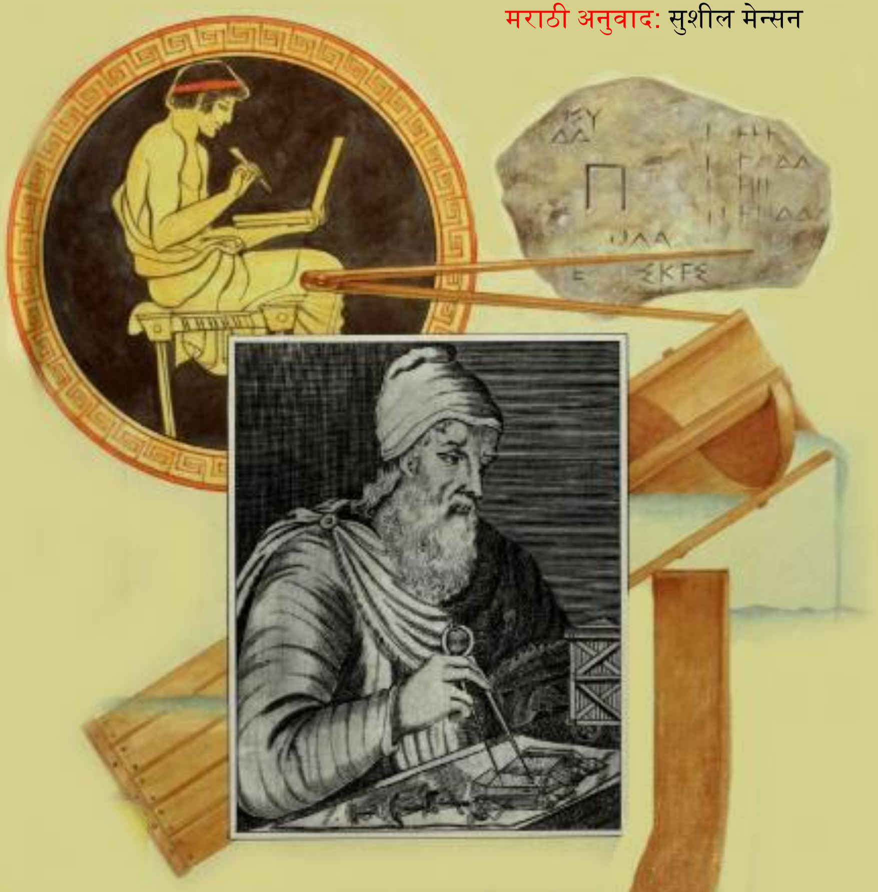
महान संशोधक

आर्किमिडीज

लेखक: पीटर लाफर्टी

मराठी अनुवाद: सुशील मेन्सन



अनुक्रम



1. आर्किमिडिजचे जग

आर्किमिडीजचा जन्म 2000 वर्षांपूर्वी *सिसिली* प्रदेशात *सिरॅक्यूज* शहरात झाला. सिसिली हे इटलीच्या दक्षिण टोकाकडील एक बेट आहे. सिरॅक्यूज शहर ग्रीसपासून बरेच दूर असूनही त्याकाळी ग्रीक साम्राज्याचाच भाग होते. कारण प्राचीन ग्रीक संस्कृती भूमध्यसागरी क्षेत्राच्या पूर्वेकडे सर्वत्र पसरलेली होती.

तो ग्रीसचा सुवर्णकाळ होता. *अथेन्स* आणि *सिरॅक्यूज* यांसारखी शहरे अतिशय समृद्ध होती. संपूर्ण भूमध्यसागरी क्षेत्रातून लोक तेथे व्यापार करण्यासाठी येत असत. समृद्धी असल्यामुळे बहुसंख्य ग्रीक लोकांकडे मोकळा वेळ असे. हा वेळ ते चिंतन, वादविवाद, चर्चा करण्यात घालवत असत. बऱ्याचशा नवीन विचारांचा आणि सिद्धांतांचा जन्म ग्रीक शाळांमध्ये आणि विद्यापीठांमध्ये झाला. लोकांनी मत देऊन आपला नेता निवडावा, या लोकशाही संकल्पनेचा प्रारंभ ग्रीसमध्येच झाला.

प्रथमत: ग्रीक लोकांनीच तर्कशुद्ध विचार करून निसर्गाचे रहस्य जाणून घेण्याचा प्रयत्न केला. याद्वारे आपल्या सभोवती घडणाऱ्या नैसर्गिक घटनांची कारणे शोधण्याचा प्रयत्न त्यांनी केला. एखादी घटना ही ईश्वराची करणी आहे, असे मानून त्यांचे समाधान झाले नाही. त्यांच्या याच दृष्टिकोनामुळे आज आपल्याला ज्ञात असलेल्या विज्ञान विषयाची पायाभरणी झाली.

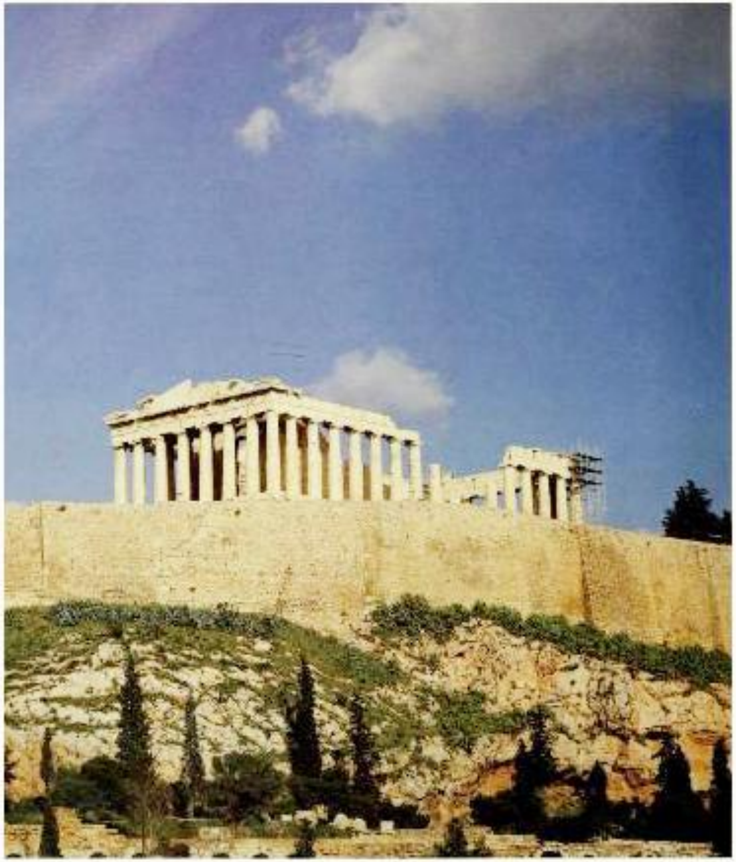


आर्किमिडीजच्या काळातील भूमध्यसागरी क्षेत्र दर्शवणारा नकाशा. त्याचा जन्म सिसिली भागातील सिरॅक्यूज या ग्रीक शहरात झाला.



प्राचीन इजिप्तमधील एका कबरीतील शेतीच्या कापणीचा हंगाम दर्शवणारे चित्र. इजिप्तचे लोक ताऱ्यांच्या गतीचा अभ्यास करून पिकांची पेरणी कधी करायची, हे निश्चित करत.

ग्रीक लोकांपूर्वी प्राचीन इजिप्शियन आणि बॅबीलोनियन लोकांना गणित आणि खगोलशास्त्राचे थोडेफार ज्ञान होते. परंतु त्यांनी सभोवती घडणाऱ्या घटना समजून घेऊन त्यांमागील कारणे शोधण्याचा प्रयत्न केला नाही. ते लोक व्यावहारिक होते. ताऱ्यांच्या गतीचे ज्ञान पिकांची पेरणी करण्यासाठी वापरण्यातच ते समाधानी होते. हे तारे गतीमान असल्यागत का वाटतात, याचा शोध घेण्याचा विचार त्यांच्या मनात येत नसे. एखाद्या त्रिकोणाच्या बाजू 3, 4, 5 एकक असतील तर त्याचा एक कोन काटकोन असतो, हे इजिप्शियन लोकांना माहीत होते. पिरॅमिड आणि इमारती बांधताना त्यांनी हे ज्ञान वापरलेही होते. पण अशा त्रिकोणांमध्ये काटकोन का असतो किंवा इतर काटकोन त्रिकोणांमध्ये काय समानता असते, याविषयी जिज्ञासा त्यांच्या मनात निर्माण होत नसे.



ई.स. पूर्व 400 मध्ये ग्रीक लोकांनी अथेन्समध्ये *पार्थेनॉन* नावाचे मंदिर बांधले.
तिथे अथेना या देवतेची पूजा केली जात असे.

पुढील काळात ग्रीक विद्वान *पायथागोरस* याने काटकोन त्रिकोणाच्या बाजुंमध्ये असलेला संबंध सिद्ध केला. ई.स. पूर्व 570 ते ई.स. पूर्व 500 हा पायथागोरसचा जीवनकाळ होता. त्याचा हा शोध *पायथागोरसचा सिद्धांत* म्हणून ओळखला जातो आणि आज शाळांमध्ये विद्यार्थ्यांना शिकवला जातो.

पायथागोरसला भूमितीच्या अभ्यासात बरीच रुची होती. भूमिती हे बिंदू, रेषा, कोन, पृष्ठ आणि घन आकार यांचे गणित आहे. त्याला संख्या आणि आकडेमोड करण्याचीही आवड होती. भूमिती आणि संख्या ही निसर्गाची रहस्ये जाणून घेण्यात मोलाची मदत करतात, हे त्याने ओळखले होते.

आणखी एक प्रसिद्ध ग्रीक संशोधक होता, *डेमोक्रिट्स.* ई.स. पूर्व 460 ते ई.स. पूर्व 370 हा त्याचा जीवनकाळ होता. प्रत्येक वस्तू अणू या सूक्ष्म कणांनी बनलेली असते, असा विचार त्याने मांडला. परंतु याची सत्यता पडताळून पाहायला संशोधकांना तब्बल 2000 वर्षे लागली.

हिप्पोक्रेट्स या संशोधकाचा जीवनकाळ होता ई.स. पूर्व 460 ते ई.स. पूर्व 377. त्याने वैद्यकिय उपचार पद्धतीत वैज्ञानिक संशोधनाचे कार्य केले. त्याच्या मते, वैद्याने उपचार सुरू करण्याआधी रुग्णाची काळजीपूर्वक तपासणी केली पाहिजे. आधुनिक काळात हा विचार गृहीतच धरलेला असतो. परंतु प्राचीन काळात, आजार हा देवाचा कोप झाल्यामुळे होतो, असे लोक मानत. अशा समाजात हिप्पोक्रेट्सचा हा विचार क्रांतिकारक होता.

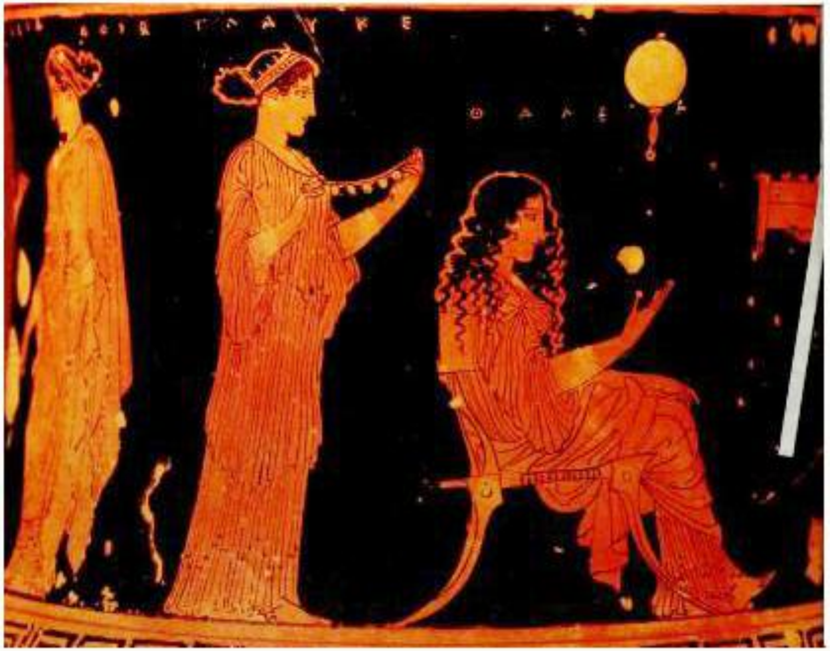
आज इराक म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या देशात 2600 वर्षांपूर्वी बॅबीलोनियन लोक राहात. ते जगातील आद्य खगोल अभ्यासकांमध्ये गणले जातात. त्यांच्या संकल्पनेनुसार, पृथ्वी पाण्याने वेढलेल्या एका विशाल गोलाच्या केंद्रस्थानी होती.

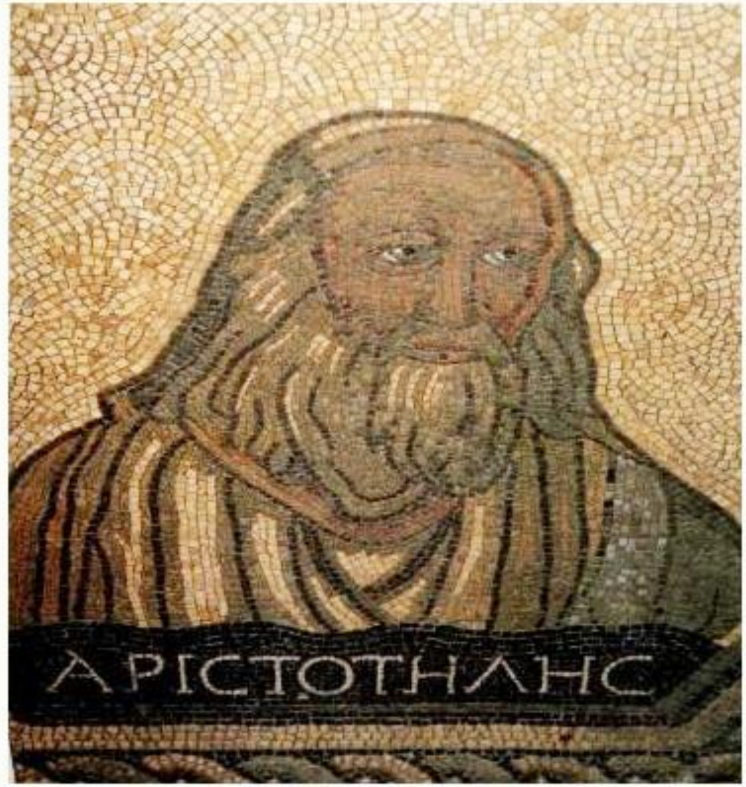


प्लेटो या महान ग्रीक तत्वज्ञाचा जीवनकाळ होता, ई.स. पूर्व 427 ते 347. त्याने अथेन्समधील विद्यापीठांत तर्कशुद्ध विचार आणि भूमितीय कारणमीमांसा यांचे महत्त्व शिकवले. ई.स. पूर्व 384 ते 322 या काळातील ॲरिस्टॉटल हा तत्त्वज्ञ प्लेटोचा विद्यार्थी होता. त्याने नैसर्गिक घटनांमागील रहस्ये जाणून घेण्यासाठी प्लेटोच्या संकल्पनांचा उपयोग केला.

परंतु प्राचीन ग्रीसमधील सर्वात महान संशोधक होता, आर्किमिडीज. त्याचा जन्म ई.स. पूर्व 287 या काळात झाला आणि मृत्यू ई.स. पूर्व 212 या काळात झाला. आर्किमिडीजने अनेक शोध लावले. तो एक खगोलअभ्यासक होता. रात्रीच्या आकाशात तारे आणि ग्रह आपला मार्ग कसा अनुसरतात, हे दर्शवण्यासाठी त्याने तारांगणाची एक प्रतिकृती बनवली. त्याने पृथ्वी आणि सूर्य यांमधील अंतराचा अंदाज बांधला आणि संपूर्ण विश्व भरून टाकण्यासाठी वाळूचे किती कण आवश्यक आहेत, याचीही आकडेमोड केली.

प्राचीन ग्रीक लोक आपल्या फुलदाणीवर दैनंदिन आयुष्यासंबंधित चित्रे काढत असत. ई.स. पूर्व 500 वर्षांपूर्वीच्या या फुलदाणीवर दागिन्यांनी मढलेल्या एका युवतीचे चित्र दिसत आहे.





प्राचीन ग्रीक तत्त्वज्ञ आणि संशोधक ॲरिस्टॉटल याचे दगडावर किंवा संगमरवरी फरशीवर कोरलेले चित्र

आर्किमिडीज हा एक कुशल गणितज्ज्ञ होता. त्याने भूमितीतील अनेक सिद्धांत सिद्ध केले. त्याने वर्तुळाचे क्षेत्रफळ तसेच गोलाचे किंवा चेंडूचे आकारमान मिळवण्याची पद्धत शोधून काढली. तरफ आणि कप्पे कसे काम करतात, याचा त्याने अभ्यास केला आणि महाकाय जड वस्तू सहजपणे वर उचलणारी यंत्रेही त्याने बनवली. ई.स. पूर्व 215 मध्ये रोमने सिरॅक्यूजवर आक्रमण केले तेव्हा त्याने बनवलेल्या काही यंत्रांचा उपयोग शहराचे संरक्षण करण्यासाठी केला गेला.

2. तरूण आर्किमिडीज

आर्किमिडीजचे वडील *फिडिअस* हे खगोलअभ्यासक आणि गणितज्ज्ञ होते. आर्किमिडीजच्या आयुष्याचा प्रारंभिक काळ तसेच त्याचे कुटुंबिय यांबद्दल फारशी माहिती उपलब्ध नाही. शक्यता आहे की ते एका धनिक आणि उच्चकुलीन कुटुंबात जन्मले असावेत. कदाचित सिरॅक्यूजचा राजा हायरॉन याच्याशी त्यांचे नातेसंबंध असावेत.

इतर ग्रीक मुलांप्रमाणेच आर्किमिडीजनेही वयाच्या आठव्या वर्षी शाळेत जाण्यास सुरुवात केली असावी. शाळा शिक्षकाच्या घरीच भरत असे. हवामान आल्हाददायक असले की मुले घराबाहेरच्या मोकळया आवारात बाकांवर बसत. त्यांना आजच्या मुलांना परिचित असलेले लिखाण, वाचन, गणित, संगीत आणि भूगोल हे विषय शिकवले जात. मुले मेणाचा लेप असलेल्या लाकडी फळीवर लिखाण आणि आकडेमोड करत. तीक्ष्ण टोक असलेल्या हाडाने किंवा लोखंडी काठीने मेणात खरवडून लिखाण केले जात असे. मोठी मुले शाईने *पपायरस* झाडाच्या पानापासून बनवलेल्या कागदावर लिखाण करत. जमिनीवर ओल्या वाळूत आकृत्या काढून भूमितीचे प्रश्न सोडवले जात असत.



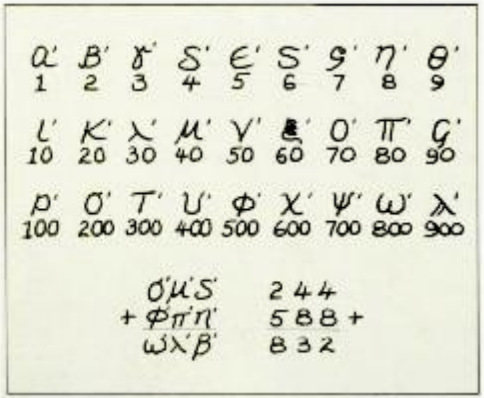
या प्राचीन चित्रात आर्किमिडीज स्वत: तयार केलेल्या यंत्रांसोबत दिसत आहे.

वस्तू पाण्यात आणि इतर द्रवात का तरंगतात याचे स्पष्टीकरण, हा आर्किमिडीजचा कदाचित सर्वात मोठा शोध असावा. हे स्पष्टीकरण त्याने *आर्किमिडीजचे तत्त्व* या पुस्तकात विशद केले आहे. हे तत्त्व आजही शाळांमध्ये शिकवले जाते. हायड्रोस्टॅटीक्स ही संपूर्णपणे नवीन असलेली विज्ञान शाखा आर्किमिडीजच्या प्रयोगांमुळे अस्तित्वात आली. या शाखेत स्थिर द्रवात आढळणाऱ्या विविध बलांचा अभ्यास केला जातो.



ई.स. पूर्व 600 या काळातील दगडी फलक. त्यावर ग्रीक अक्षरे कोरलेली आहेत. पुजारी लोक उडत्या पक्ष्यांना पाहून भविष्याचा अंदाज कसा घेत, याचे वर्णन या लिखाणात आढळते.

ग्रीक लोकांचा गणित विषयात बराच रस होता. परंतु संख्या लिहिण्याची त्यांची पद्धत बेशिस्त होती. ते संख्या दर्शवण्यासाठी वर्णमालेतील अक्षरांचाच वापर करत. अक्षरालगत एक खूण दाखवली की हे अक्षर नसून संख्या असल्याचे कळत असे. परंतु यामुळे मोठ्या संख्या दर्शवताना अनेक खुणा कराव्या लागत आणि त्यांची आकडेमोड क्लिष्ट होत असे. ग्रीक लोकांकडे शून्य दर्शवण्यासाठी अंक नव्हता. मोठे झाल्यावर आर्किमिडीजने खूप मोठ्या संख्यांची आकडेमोड करण्याची एक सोपी पद्धत शोधली.



ग्रीक वर्णमालेतील पहिली पाच अक्षरे आहेत: अल्फा, बीटा, गॅमा, डेल्टा आणि एप्सिलॉन. अक्षराजवळ एक सूक्ष्म खूण केलेली आहे. त्यावरून कळते की ही अक्षरे नसून संख्या आहेत.चित्रात दाखवलेली आकडेमोड आपण नेहमी करतो तशीच आहे. परंतु मोठ्या संख्यांची आकडेमोड करणे खूप कठीण होते.

जगातील अत्यंत विद्वान स्त्री-पुरुषांना तिथे काम करण्यासाठी आणि शिकवण्यासाठी आमंत्रित केले जात असे. राजा *टोलेमी* स्वत: त्यांना वेतन देत असे. अभ्यास आणि संशोधन करण्यासाठी या विद्वानांना संपूर्ण स्वातंत्र्य दिले जात असे.



सिरॅक्यूजमधील शिक्षण पूर्ण झाल्यावर आर्किमिडीज पुढील शिक्षणासाठी इजिप्तमधील अलेक्झांड्रिया शहरात गेला. प्राचीन काळातील ते सर्वात मोठे शहर होते. सम्राट अलेक्झांडर याने ई.स. पूर्व 331 मध्ये त्याची स्थापना केली होती. या शहरात आर्किमिडीजला अनेक आश्चर्ये आढळली. बंदरानजिकच कित्येक मजली उंच प्रसिद्ध फारोस दिपस्तंभ उभा होता. त्याच्या शिखरावर पेटलेली मशाल असे. प्राचीन काळातील सात आश्चर्यांमध्ये त्याची गणना होत असे. शहरातील भव्य म्युझीयम आणि ग्रंथालय हे आणखी एक आश्चर्य होते. ग्रंथालयात पपायरस पानाच्या कागदावर लिखाण केलेली लाखो पुस्तके होती. म्युझीयम आणि ग्रंथालय हे एखाद्या विद्यापीठासारखेच होते.

अलेक्झांड्रियातील प्राचीन फारोस दिपस्तंभाचे चित्र. 120 मीटरपेक्षाही उंच असलेला हा दिपस्तंभ ई.स. पूर्व 270 मध्ये बांधण्यात आला. ई.स. 400 साली झालेल्या भूकंपात तो उध्वस्त झाला.

आर्किमिडीजच्या जन्मापूर्वी अलेक्झांड्रियात राहून संशोधनाचे कार्य केलेला एक प्रसिद्ध विद्वान होता, *युक्लिड.* त्याचा जीवनकाळ होता ई.स. पूर्व 330 ते 275. युक्लिड हा उत्तम गणितज्ज्ञ होता, परंतु त्यापेक्षा महत्त्वाचे म्हणजे, त्याने ग्रीक विद्वानांनी शोधलेले भूमितीतील सिद्धांत गोळा केले. हे सिद्धांत त्याने तर्कसंगत रुपात क्रमबद्ध केले. यामुळे कठीण सिद्धांतदेखील सोप्या सिद्धांतांच्या माध्यमाद्वारे सिद्ध करता येतात, हे लक्षात आले. त्याच्या *एलेमेंट्स* नावाच्या पुस्तकात या पद्धतीचा उल्लेख आढळतो. भूमिती विषयातील गेल्या 2000 वर्षांतील हे सर्वाधिक महत्त्वाचे पुस्तक मानले जाते. आर्किमिडीजने नक्कीच या पुस्तकाचा अभ्यास अतिशय काळजीपूर्वक केला असला पहिजे.

इजिप्तचा राजा टोलेमी याने ई.स. पूर्व 300 मध्ये अलेक्झांड्रिया ग्रंथालयाची स्थापना केली. ई.स. 646 मध्ये इजिप्तवर विजय मिळवल्यावर अरबांनी हे ग्रंथालय नष्ट केले.

अलेक्झांड्रियात आर्किमिडीजचे शिक्षक *कोनॉन* हे एक खगोलअभ्यासकही होते. त्यांनी सूर्यग्रहणांचा अभ्यास केला होता. परंतु आपल्या खुशमस्कऱ्या स्वभावामुळे ते जास्त ओळखले जात असत. असे म्हणतात, ई.स. पूर्व 245 मध्ये इजिप्तचा राजा युद्धावर चालला होता. त्याची राणी *बर्नीस*ने तिचे काही केस कापले आणि मंदिरातील देवाला अर्पण केले. ते केस गायब झाले. कदाचित, महत्त्वाच्या वस्तुंचा संग्रह करणाऱ्या लोकांनी ते चोरले असावेत. परंतु कोनॉनने राणीची खात्री पटवून दिली की केसांचे सौंदर्य पाहून देवाने स्वतःच ते केस नेले आहेत. त्याने आकाशातील एक अंधुकसा दिसणारा तारकागुच्छ दाखवून सांगितले की हेच राणीचे केस आहेत. तेव्हापासून ताऱ्यांच्या त्या समूहाला *कोमा बर्नीसेस* म्हणजे *बर्नीसचे केस* अशी ओळख मिळाली.

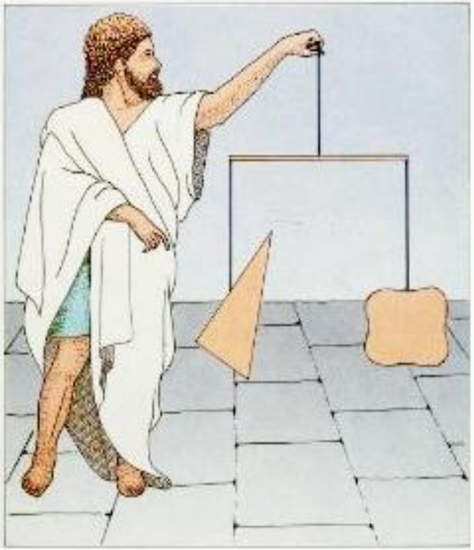




इराटोस्थेनिसच्या माहितीनुसार हा जगाचा प्राचीन नकाशा आहे.

आर्किमिडीजच्या एका मित्राचे नाव होते, *इराटोस्थेनिस.* कोनॉनसारखंच तोसुद्धा आयुष्यातील मोठा काळ अलेक्झांड्रिया येथे राहीला. तिथे त्याला प्रमुख ग्रंथपाल म्हणून नियुक्त करण्यात आले. तो एक प्रसिद्ध गणितज्ज्ञ, खगोलतज्ज्ञ आणि भूगोलतज्ज्ञ होता. *ज्यूलिअस सीझर*ने काही महत्त्वपूर्ण माहिती मिळवण्यासाठी इराटोस्थेनिसच्या भूगोलावरील पुस्तकाचे वाचन केले होते. इराटोस्थेनिसनेच गणितातील मूळ संख्या काढण्याची पद्धत शोधली होती. या पद्धतीला आजही *इराटोस्थेनिसची चाळणी* म्हणून ओळखतात. इराटोस्थेनिस हा एक कवी आणि इतिहासतज्ज्ञही होता. त्याला ग्रीक वर्णमालेतील *बीटा* या नावानेदेखील ओळखत. कारण तो जगातील दुसरा सर्वात विद्वान माणूस मानला जात असे. आर्किमिडीजला *अल्फा* या नावाने ओळखत कारण त्याला त्या काळातील सर्वात विद्वान माणूस मानले जात असे.

3. शक्तिशाली यंत्रे



अनियमित आकृतीचे (भौमितीक आकाराचे) क्षेत्रफळ काढण्याची पद्धत. आर्किमिडीजने एका तराजूचा वापर करून अनियमित आकृती आणि एक ज्ञात क्षेत्रफळ असलेली आकृती यांची तुलना केली. उदा. चौरस किंवा त्रिकोण.

अलेक्झांड्रियातील शिक्षण पूर्ण करून आर्किमिडीज सिरॅक्यूजला परतला. तो अभ्यासात आणि विचार-चिंतन करण्यात आपले आयुष्य व्यतीत करू लागला. तो घरातील वाळूच्या जमिनीवर काढलेल्या भूमितीच्या आकृत्यांचा विचार करण्यात तासनतास घालवत असे. विचारांमध्ये त्याची तहानभूक हरपून जात असे. त्याचे नोकर त्याला आंघोळ करण्याचे स्मरण करून देत असत. आंघोळीला बसल्यावरही तो आपल्या ओल्या त्वचेवर आकृत्या काढत बसे.

भूमिती आणि गणित या विषयांत त्याला सर्वाधिक रस होता. आर्किमिडीज हा एक व्यावहारिक संशोधक होता. कधीकधी तो भूमितीतील समस्या प्रयोग करून सोडवत असे. यामुळे नैसर्गिक जगाबद्दलच्या आपल्या कल्पना योग्य आहेत की नाहीत, याचे आकलन त्याला होत असे.

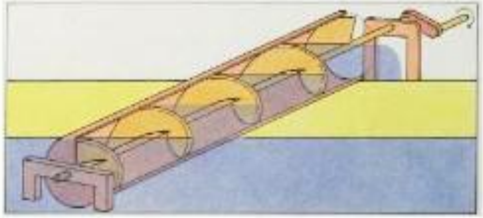
प्रयोगामध्ये शब्द किंवा आकृत्या यांच्याऐवजी खऱ्याखुऱ्या वस्तू वापरतात. आज संशोधक आपल्या संकल्पना प्रयोगांद्वारेच तपासून बघतात. परंतु आर्किमिडीजच्या काळात, फक्त विचार-चिंतन करूनच सारे शोध लावता येतात, असे लोकांना वाटे. प्रयोगांद्वारे शोध लावणाऱ्या संशोधकांमध्ये आर्किमिडीजचीही गणना केली जाते.

आर्किमिडीजने गणिती सिद्धांतही प्रयोगांद्वारे मांडण्याची पद्धत शोधली होती. या पद्धतीला तो *मेथड (पद्धत)* म्हणत असे. उदाहरणार्थ, एखाद्या अनियमित आकृतीचे किंवा भौमितीक आकाराचे क्षेत्रफळ काढण्यासाठी तो ती आकृती तराजुच्या एका टोकाला टांगत असे. तराजुच्या दुसऱ्या टोकाला तो ज्ञात क्षेत्रफळ असलेला चौरस टांगत असे. मग तराजू समपातळीत येईपर्यंत तो चौरस मागेपुढे सरकवत असे. मग तो तराजुच्या मध्यापासून चौरसाचे तसेच अनियमित आकृतीचे अंतर मोजत असे. यातून अनियमित आकृती चौरसाच्या तुलनेत मध्यापासून दुप्पट दूर असली तर तिचे क्षेत्रफळ चौरसाच्या निम्मे असते, असा निष्कर्ष निघत असे.

अशाचप्रकारे जेव्हा एका त्रिकोणाची बाजू एका वर्तुळाच्या त्रिज्येइतकी असते आणि त्या त्रिकोणाचा पाया त्या वर्तुळाच्या परिघाइतका असतो, तेव्हा त्रिकोणाचे आणि वर्तुळाचे क्षेत्रफळ समान असते, हे आर्किमिडीजला उमगले. आर्किमिडीजला माहित होते की त्याची ही पद्धत खरंतर सिंद्धांत सिद्ध करू शकत नाही पण उत्तर सुचवण्यासाठी निश्चितच मदत करते. या पद्धतीतून मिळालेल्या निष्कर्षांवरून आर्किमिडीज अचूक सिद्धांत शोधून काढायचा प्रयत्न करत असे.

राजा हायरॉनने आर्किमिडीजच्या व्यावहारिक कौशल्याचा चांगला वापर करून घेतला. एकदा मुसळधार पावसामुळे राजासाठी बनवलेली नाव पाण्याने काठोकाठ भरून गेली. नावेतून पाणी काढून टाकण्यासाठी कुणीही मार्ग काढू शकले नाहीत. तशी यंत्रणाच तेव्हा नव्हती. शेवटी आर्किमिडीजने यावर उपाय शोधला.

आर्किमिडीजचा स्क्रू. हा स्क्रू फिरवल्यावर पाणी वर चढते. हे एक साधेसे यंत्रच आहे. कारण थोडेसे बल लावूनही बरेच पाणी वर चढवता येते.



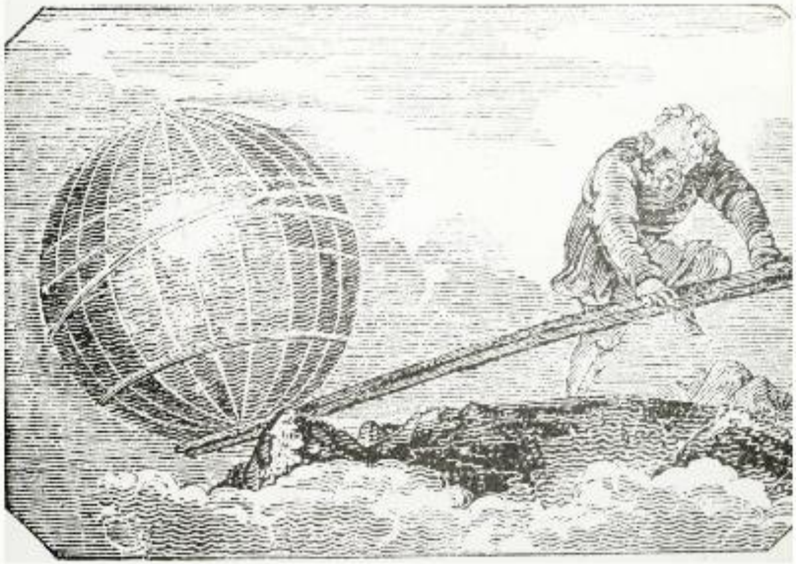
आर्किमिडीजने एक यंत्र बनवले. त्यात एक पोकळ नळकांडे होते. या नळकांड्यात एका टोकाला हाताने फिरवता येईल असे चक्र होते. नळकांड्याचे दुसरे टोक नावेतील पाण्यात ठेवून चक्र हाताने फिरवले की पाणी नावेतून बाहेर येऊन जमिनीवर पडत असे.

आर्किमडीजचा स्क्रू आजही वापरला जातो. चित्रात इजिप्तमधील एक शेतकरी स्क्रू वापरून शेताचे सिंचन करत आहे.



या यंत्राला *आर्किमिडीजचा स्क्रू* असे नाव पडले. इजिप्तमध्ये कालव्यातून सिंचनासाठी पाणी काढणारे यंत्र म्हणून ते चांगलेच प्रसिद्ध पावले. आजही तिथे त्याचा वापर केला जातो. स्क्रू हे साधेसे यंत्र आहे. पण लवकरच आर्किमिडीजने इतर यंत्रांचाही शोध लावला.

असे म्हणतात की आपण एका तरफेने पृथ्वी हलवू शकतो, अशी बढाई आर्किमिडीज मारत असे. पण त्यासाठी त्याला पृथ्वीपासून थोड्या दूरवर उभे राहाण्यासाठी जागा हवी होती. खालील चित्रात चित्रकाराने आर्किमिडीजची ही इच्छा पूर्ण केल्याचे दिसते.



तरफ हे साधेसे यंत्र वापरून जड वस्तू सहजपणे उचलता किंवा सरकवता येते, हे आर्किमिडीजला आढळून आले. तरफेमध्ये एक लांब दांडा असतो. हा दांडा एका खडकावर किंवा मजबूत वस्तुवर टेकवलेला असतो. यामुळे दांडा कसाही वळवता येतो. दांड्याच्या एका टोकाला खडकाजवळ जड वस्तू ठेवली तर थोडेसे बल लावून दांड्याचे दुसरे टोक उचलता येते. परिणामी त्याबरोबर जड वस्तुही उचलली जाते. आर्किमिडीज दावा करत असे, “मला एक लांब तरफ द्या. मग मी पृथ्वीसुद्धा हलवून दाखवेन.”

राजा हायरॉनला वाटले की आर्किमिडीज उगाचच काहीतरी बरळत आहे. त्याने आर्किमिडीजची परीक्षा घेण्याचे ठरवले.

सिरॅक्यूज बंदरानजिक एक मोठे जहाज वाळूत फसले होते. तीन शिडे असलेले हे जहाज प्रवासी आणि सामानाने एवढे जड झाले होते की गुलामांची संपूर्ण फौजही ते हलवू शकत नव्हते. राजाने आर्किमिडीजला आव्हान दिले, “हे जहाज हलवून दाखव. मगच मी तुझ्या म्हणण्यावर विश्वास ठेवीन.” आर्किमिडीजने हे अशक्यप्राय भासणारे आव्हान स्वीकारले. परंतु त्याने तरफेऐवजी कप्पी (पुली) वापरली. कप्पी या यंत्रामध्ये एक दोरखंड एक किंवा जास्त चाकांच्या खोबणीवर चढवलेला असतो. दोरखंड ओढला की कप्पी ते बल कित्येक पट वाढवते.

कप्पी वापरून आर्किमिडीज एक मोठे जहाज ओढत आहे. अशा प्रयोगांमुळे तो संपूर्ण ग्रीक जगतात प्रसिद्ध झाला.



तरफांचे प्रकार

तरफ (लीवर) हे एक साधेसे यंत्र आहे. यात एक मजबूत दांडा एका टेकू (फल्क्रम) वर ठेवतात. तरफेचे एक टोक खाली दाबले की दुसऱ्या टोकाकडचे वजन वर उचलले जाते.

तरफ तीन प्रकारची असते. पहिल्या प्रकारात टेकू हा वजन आणि बल यांच्यादरम्यान असतो. तरफेचे एक टोक खाली दाबले की दुसऱ्या टोकाकडील वजन वर उचलले जाते. लोखंडी पहार हे अशा तरफेचे उदाहरण आहे.

दुसऱ्या प्रकारच्या तरफेमध्ये एका टोकाला टेकू असतो आणि दुसऱ्या टोकाला बल लावायचे असते. या दोघांच्यादरम्यान वजन असते. एका चाकाची गाडी हे याप्रकारच्या तरफेचे उदाहरण आहे.

तिसऱ्या प्रकारच्या तरफेमध्ये टेकू एका टोकाला असतो आणि वजन दुसऱ्या टोकाला. उत्खनन करणारे किंवा खोदकाम करणारे यंत्र हे या प्रकारचे उदाहरण आहे.

ज्या तरफेने थोडेसे बल लावून खूप जड वजन उचलता येते अशी तरफ चांगली मानली जाते.



आर्किमिडीजने एक संयुक्त कप्पी बनवली. त्यात अनेक चाके लावलेली होती. यामुळे लावलेले बल कित्येक पटींनी वाढणार होते. या कप्पीचे एक टोक त्याने जहाजाला बांधले. आर्किमिडीजने कप्पीचे दुसरे टोक हातांनी ओढून जहाज सहजपणे पाण्यात हलवले, हे पाहून राजाच्या आश्चर्याला पारावार राहीला नाही. आर्किमिडीजच्या अशा प्रयोगांमुळे यंत्रांचे विज्ञान उलगडून दाखवणाऱ्या यांत्रिकी (मेकॅनिक्स) या शाखेचा शोध लागला.

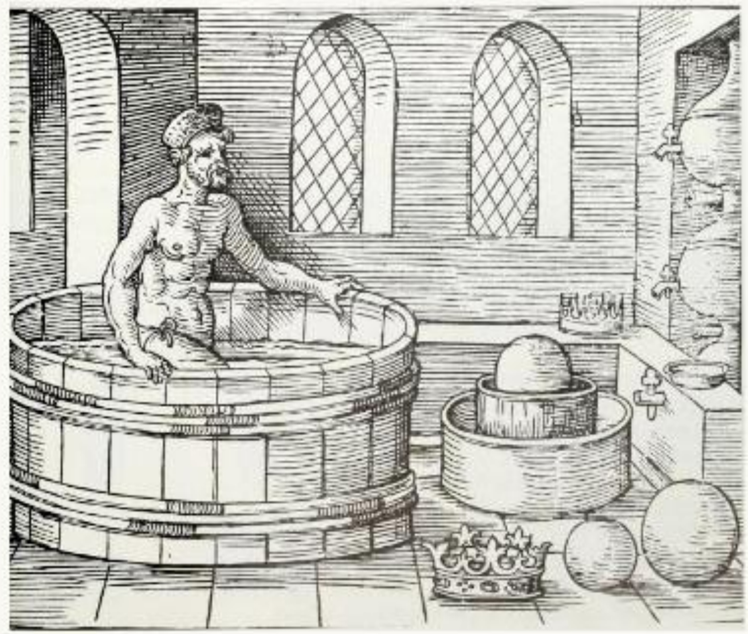


कप्पी हे एक साधेसे यंत्र आहे. यामुळे थोडेसे बल लावून जड वस्तू उचलता येते.

4. राजा हायरॉनचा मुकुट

एके दिवशी राजा हायरॉनने आर्किमिडीजसमोर एक अतिशय कठीण समस्या ठेवली. एक मुकुट देऊन राजा आर्किमिडीजला म्हणाला, "हा मुकुट शुद्ध सोन्याचा आहे हे तू सिद्ध करू शकतोस का? पण हे शोधताना मुकुटाचे अजिबात नुकसान होता कामा नये, एवढे लक्षात ठेव." मुकुट बनवणाऱ्या सोनारानुसार त्याने सगळे सोने फक्त मुकुट बनवण्यासाठीच वापरले होते. परंतु राजाला शंका वाटत होती की सोनाराने थोडंफार सोने चोरून मुकुटात तेवढ्याच वजनाच्या चांदीची भेसळ केली असावी.

आर्किमिडीजचे जुने चित्र. आपल्या आंघोळीच्या टबमध्ये राजा हायरॉनने दिलेल्या समस्येवर विचार-चिंतन करण्यात तल्लीन झालेला आर्किमिडीज.





नवा मुकुट शुद्ध सोन्याचा नाही, हे आर्किमिडीज राजाला सांगत आहे.

आपण विवस्त्र आहोत हे विसरून तो तसाच “युरेका, युरेका” असं ओरडत रस्त्यावरून राजवाड्याकडे धावू लागला. ग्रीक भाषेत *युरेका* या शब्दाचा अर्थ आहे, *सापडले.* आर्किमिडीजला कळून चुकले की जेव्हा एखादी वस्तू पाण्यात बुडते तेव्हा ती वस्तू आपल्या आकारमानाएवढे पाणी दूर सारते.

आपला शोध दाखवण्यासाठी त्याने राजाकडे पाण्याने काठोकाठ भरलेले एक भांडे मागितले. त्याने हे भांडे एका मोठ्या परातीत ठेवले. मग त्याने राजाचा मुकुट भांड्यातील पाण्यात बुडवला. यामुळे भांड्यातील काही पाणी उतू जाऊन परातीत सांडले. त्याने परातीत सांडलेल्या या पाण्याचे मोजमाप (आकारमान) घेतले. त्यानंतर त्याने ते भांडे पुन्हा पाण्याने काठोकाठ भरले आणि त्यात मुकुटाच्या वजनाइतक्याच वजनाचा सोन्याचा तुकडा बुडवला. पुन्हा परातीत सांडलेल्या पाण्याचे त्याने मोजमाप घेतले. यावेळी घेतलेले मोजमाप आधीपेक्षा कमी भरले, हे राजाच्याही लक्षात आले. “महाराज, यावरून सिद्ध होते की सोनाराने आपली फसवणूक केली आहे. मुकुट आणि सोन्याचा तुकडा यांचे वजन सारखेच आहे. पण ते दोन्ही शुद्ध सोन्याचे असते तर दोघांमुळे परातीत सांडलेल्या पाण्याचे मोजमाप सारखेच आले असते,” आर्किमिडीजने स्पष्टीकरण दिले.

आर्कमिडीजने स्पष्ट केले की चांदी सोन्यापेक्षा वजनाने हलकी असते. त्यामुळे मुकुटाचे वजन तेवढेच ठेवण्यासाठी जेवढे सोने चोरले त्यापेक्षा जास्त चांदी मिसळावी लागली. पण त्यामुळे मुकुटाचे आकारमान मात्र थोडेसे वाढले. याच कारणामुळे मुकुट पाण्यात बुडवल्यावर जास्त पाणी बाहेर सांडले.

आर्किमिडीज मुकुट घेऊन घरी आला आणि त्याच्याकडे टक लावून बघत बसला. काय करायचे? तो गोंधळात पडला. त्याने मुकुटाचे वजन केले. त्याने सोनाराला दिलेल्या सोन्याच्या तुकड्यासारख्याच शुद्ध सोन्याच्या तुकड्याचेही वजन केले. मुकुट आणि सोन्याच्या तुकड्याचे वजन समान भरले. कित्येक दिवस आर्किमिडीज या समस्येशी झुंजत राहीला. एकदा संध्याकाळी आंघोळीच्या वेळी त्याला या समस्येचे उत्तर सापडले. नोकरांनी त्याचा आंघोळीचा टब पाण्याने काठोकाठ भरला होता. आर्कमिडीज टबात बसल्यावर काही पाणी बाहेर फरशीवर उतू गेले. अचानक, आर्किमिडीज उभा राहून ओरडू लागला आणि टबच्या बाहेर आला.



वस्तुचे वजन पाण्यात कमी भरते.

हवेच्या तुलनेत पाण्यात वस्तुचे वजन कमी भरते. पाणी वस्तुवर वरच्या दिशेत बल लावते. याला *उत्प्लावक बल* म्हणतात. हे बल त्या वस्तुला आधार देते.

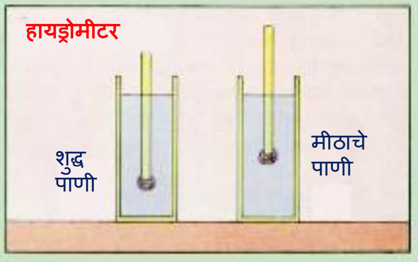
मग आर्किमिडीजने वेगवेगळ्या वस्तू पाण्यात बुडवून त्यांचे निरीक्षण केले. त्याला आढळले की पाणी किंवा कोणत्याही द्रवात वस्तू बुडवल्यास वस्तुचे वजन कमी होते.

वस्तू द्रवात बुडवल्यावर तिच्यावर वरच्या दिशेत एक बल काम करते. त्यामुळे त्या वस्तुला आधार मिळतो. या बलाला *उत्प्लावक बल* म्हणतात. मग आर्किमिडीजला आढळून आले की वस्तू बुडवल्यावर ती जितका द्रव बाजूला सारते तितक्या द्रवाचे वजन हे या उत्प्लावक बलाएवढेच असते. पुढे हा आर्किमिडीजचा जगप्रसिद्ध आणि सर्वात महान शोध ठरला. आज हा शोध *आर्किमिडीजचा सिद्धांत* म्हणून ओळखला जातो.

द्रवाची घनता (दाटपणा)

आर्किमिडीजला आढळले की वस्तू शुद्ध पाण्यापेक्षा मीठाच्या पाण्यात जास्त उत्प्लावक बल अनुभवते. याचे कारण, मीठाचे पाणी हे तेवढ्याच आकारमानाच्या शुद्ध पाण्यापेक्षा जड असते. याचाच अर्थ, मीठाचे पाणी हे शुद्ध पाण्यापेक्षा जास्त घन (दाट) असते.

आर्किमिडीजने *हायड्रोमीटर* नावाचे उपकरण बनवले. या उपकरणाने कोणत्याही द्रवाची घनता मोजता येते. यामुळे एखादा द्रव तेवढ्याच आकारमानाच्या शुद्ध पाण्यापेक्षा किती जड आहे, हे कळते. या उपकरणात एक बारीक नळी असते. नळीचे एक टोक जड असते. यामुळे नळी द्रवात उभी तरंगत राहाते. घन द्रवामध्ये या नळीचा बराचसा भाग द्रवाच्या वर हवेत तरंगत राहातो. कमी घन द्रवामध्ये नळीचा कमी भाग द्रवाच्या वर तरंगत राहातो. निश्चित मोजमापासाठी नळीवर आकड्यांच्या खुणा करून आपण वेगवेगळ्या द्रवांच्या घनता मोजू शकतो आणि त्यांची तुलना करू शकतो.



जहाजे एवढी जड असूनही पाण्यावर का तरंगतात, याचे कोडे आता कुठे आर्किमिडीजला उलगडले. जहाजाचा खालचा भाग पाण्यात बुडताच पाण्याचे उत्प्लावक बल त्याला आधार देते आणि जहाजाला तरंगत ठेवते.

इस्त्रायल देशातील मृत समुद्रात पोहोणे अत्यंत सहजसोपे आहे. मीठाचे प्रमाण बरेच जास्त असल्यामुळे या समुद्रातील पाण्याची घनताही खूप जास्त आहे. परिणामी, या पाण्यात अतिशय जास्त उत्प्लावक बल अनुभवास येते.



5. ताऱ्यांचा अभ्यास



खगोलशास्त्र हे एक प्राचीन विज्ञान आहे. सुमारे 3000 वर्षांपूर्वी इजिप्शियन आणि बॅबीलोनियन लोकांनी प्रत्येक ऋतुत आकाशात दिसणाऱ्या ताऱ्यांच्या काळजीपूर्वक नोंदी ठेवल्या. यामुळे शेतात पेरणी कधी करायची, हे त्यांना उमजू लागले. पिरॅमिडची बांधणी उत्तर-दक्षिण दिशेत करतानाही त्यांना हा ताऱ्यांचा अभ्यास उपयोगी पडला. त्या काळात चिनी आणि भारतीय लोकांनाही खगोलशास्त्रात रस होता.

आर्किमिडीजने घन वस्तुंची घनता मोजण्याचीही पद्धत शोधली. तो घन वस्तुचे वजन प्रथम हवेत मोजत असे आणि नंतर पाण्यात. वस्तुच्या हवेतील वजनाला पाण्यात वस्तुचे जितके वजन कमी झाले त्याने भागले की त्या वस्तुची घनता काढता येते, हे त्याने दाखवले. म्हणजेच, ती वस्तू तेवढ्याच आकारमानाच्या पाण्यापेक्षा किती जड आहे, हे कळू लागले. वस्तुच्या पदार्थात दुसरा कुठलाही अशुद्ध पदार्थ नसेल तर त्या वस्तुची घनता नेहमी एकच असायला हवे, हे आर्किमिडीजला आढळले. यामुळे वस्तुची घनता माहित झाली तर ती वस्तू शुद्ध आहे किंवा नाही, हे समजू शकते. या साऱ्या प्रयोगांनंतर आर्किमिडीजने राजा हायरॉनचा मुकुट शुद्ध सोन्याने बनलेला आहे की नाही, हे पडताळून पाहाण्याची एक वेगळी पद्धत शोधून काढली. प्रथम मुकुटाचे वजन हवेत करायचे आणि त्यानंतर पाण्यात. मुकुट शुद्ध सोन्याचा असेल तर त्याच्या हवेतील वजनाला घनतेने भागून येणाऱ्या संख्येएवढेच वजन पाण्यात कमी व्हायला हवे.

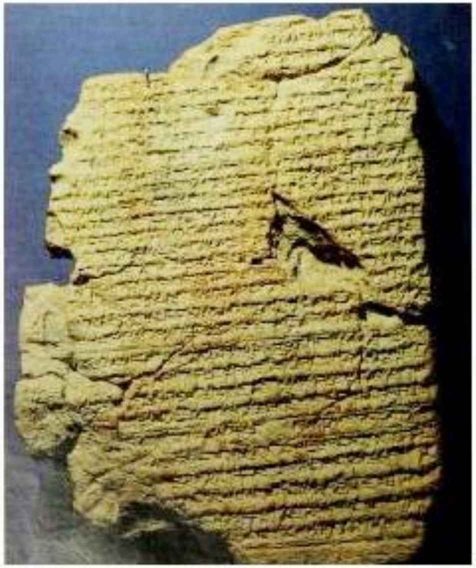
गरम हवेने भरलेले फुगे हवेत तरंगत राहातात. याचे कारण, फुग्यातील गरम हवेची घनता सभोवतालच्या थंड हवेपेक्षा कमी असते. त्यामुळे बाहेरची थंड हवा फुग्यावर एक उत्प्लावक बल लावत असते. यामुळे फुगा उंच उंच जातो आणि तरंगत राहातो.



चित्रात इजिप्तमधील *गिझा* या शहरातील पिरॅमिडच्या एका खिडकीतून प्राचीन काळातील पुजारी ताऱ्यांचे निरीक्षण करताना दिसत आहेत.

सर्वात आधी ग्रीक लोकांनीच खगोलशास्त्राचा वैज्ञानिक अंगाने अभ्यास केला. सूर्य हा पृथ्वीपेक्षा प्रचंड मोठा तप्त लाल खडक आहे आणि पृथ्वीसारखंच चंद्रदेखील सूर्याच्या प्रकाशामुळे चमकतो, हे ई.स. पूर्व 450 मध्ये अथेन्सच्या *अनेक्झागोरस*नेच प्रथमत: सुचवले. त्याकाळात हे विचार लोकांना नवीन वाटले. कारण प्राचीन लोक ताऱ्यांना देवता मानत असत.

ताऱ्यांच्या गर्दीमधून मार्ग आक्रमणाऱ्या आणि प्रकाशबिंदू भासणाऱ्या ग्रहांना लोकांनी रोमन देवतांची नावे दिलेली होती. सर्वात लहान आणि जलद गती असणाऱ्या ग्रहाला देवतांचा दूत ***मर्क्युरी*** *(बुध)* म्हणून लोक ओळखत. सर्वात तेजस्वी ग्रहाला सौंदर्यदेवता ***व्हिनस*** *(शुक्र)* म्हणून ओळखले जाई. लाल रंगाच्या ग्रहाला युद्धदेवता ***मार्स*** *(मंगळ)* नावाने ओळखले जाई. सर्वात मोठ्या ग्रहाला देवतांचा राजा ***ज्यूपिटर*** *(गुरू)* नावाने ओळखले जाई. अतिसंथ धीम्या गतीने चालणाऱ्या ग्रहाला काळाची गती रोखणारी देवता ***सॅटर्न*** *(शनी)* नावाने ओळखले जाई.



ई.स. पूर्व 164 मध्ये बॅबीलोनियन खगोलअभ्यासकांनी शनी ग्रहाच्या मार्गाची नोंद एका दगडावर केली, त्याचे चित्र.



अलेक्झांड्रियातील एक खगोलअभ्यासक ताऱ्यांचे निरीक्षण करत आहे. ताऱ्यांच्या दरम्यान असलेले अंतर आणि कोन मोजण्यासाठी तो एक साधे-सोपे उपकरण वापरत आहे. जमिनीवर ताऱ्यांची स्थिती दर्शवणाऱ्या प्रतिकृती आहेत.

ई.स. पूर्व सुमारे 400 मध्ये आजच्या तुर्की देशाच्या किनारपट्टीवर असलेल्या *क्निडोस* या शहरात *युडोक्सस* नावाचा तत्त्वज्ञ राहात होता. सगळे ग्रह हे पारदर्शक गोलांना जोडलेले असतात आणि हे गोल पृथ्वीभोवती फेऱ्या घालत असतात, असे त्याने सुचवले. यावरून, आर्किमिडीजने ग्रहांची गती दर्शवणारी एक प्रतिकृती तयार केली. या प्रतिकृतीत एकात एक असे काचेचे गोल होते. पाण्याच्या शक्तीवर ते फिरत होते. पृथ्वी या प्रतिकृतीच्या केंद्रस्थानी होती. गोल फिरू लागले की ग्रहांची गती पाहात येत असे.

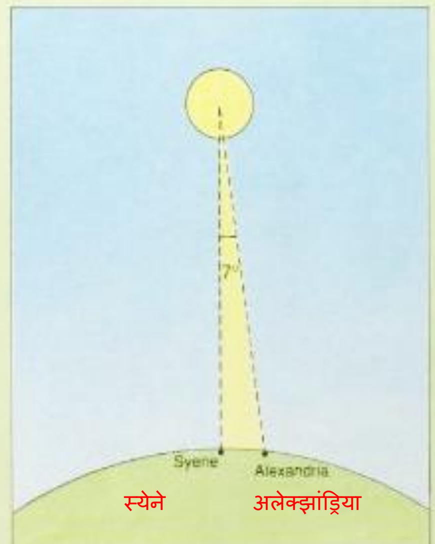


रोमन देवता मार्स (मंगळ) चा पुतळा. या देवतेच्या नावावरुनच एका ग्रहाचे नाव ठेवण्यात आले. मार्स ही युद्धाची देवता मानली जाते.

आर्किमिडीजने सूर्याच्या आकाराचा अंदाज बांधण्याकरिता एक उपकरण बनवले. या उपकरणात एक लांब दांडा किंवा मोजपट्टी होती. त्याच्या एका टोकाला लहानशी गोल चकती लावलेली होती. ही चकती मोजपट्टीवर पुढे-मागे सरकवता येत असे. सूर्याकडे थेट पाहायचे असेल तर सूर्योदयाची वेळ सुरक्षित असते. सूर्य उगवू लागताच आर्किमिडीज थेट त्याच्याकडे बघत असे आणि आपल्या उपकरणाची मोजपट्टी आपल्या दृष्टिच्या दिशेत सूर्याकडे रोखत असे. मग तो चकती मोजपट्टीवर सरकवत असे. सूर्याचे बिंब चकतीमागे पूर्णपणे झाकले जावे म्हणून चकती मोजपट्टीवर पुढे-मागे करत असे. हे केल्यावर, चकती मोजपट्टीवर किती अंतर सरकली, हे लक्षात घेत असे. यातून तो सूर्याची रुंदी किंवा कोन मोजत असे.

पृथ्वीच्या परिघाचे गणन

आर्किमिडीजचा मित्र *इराटोस्थेनिस* याने पृथ्वीच्या परिघाचे गणन केले होते. उन्हाळ्यामध्ये अलेक्झांड्रिया शहरापासून दक्षिणेला 800 किमी दूर *स्येने* या शहरात एकदा दुपारी 12 वाजता सूर्य थेट डोक्यावर होता. परंतु त्याचवेळी दूरवरच्या अलेक्झांड्रियामध्ये सूर्य थेट डोक्यावर नव्हता, तर 7 अंश दूर होता. पृथ्वी गोलाकार असल्यामुळे तिचा परीघ 360 अंशांचा असतो. स्येने आणि अलेक्झांड्रिया यांच्या दरम्यान 7 अंश, म्हणजे (परिघाच्या) 360 अंशाचा पन्नासावा भाग, इतके कोन अंतर आहे. याचाच अर्थ, या दोन शहरांदरम्यान असलेले अंतर (800 किमी) हेदेखील परिघाच्या पन्नासावा भाग असणार. यानुसार, पृथ्वीचा परीघ आला 40,000 किमी. आधुनिक उपकरणांनी मोजमाप करून निश्चित केलेला पृथ्वीचा परीघ आहे 40,232 किमी. म्हणजे, इराटोस्थेनिसने काढलेली परिघाची किंमत किती जवळपास होती, हे दिसून येते

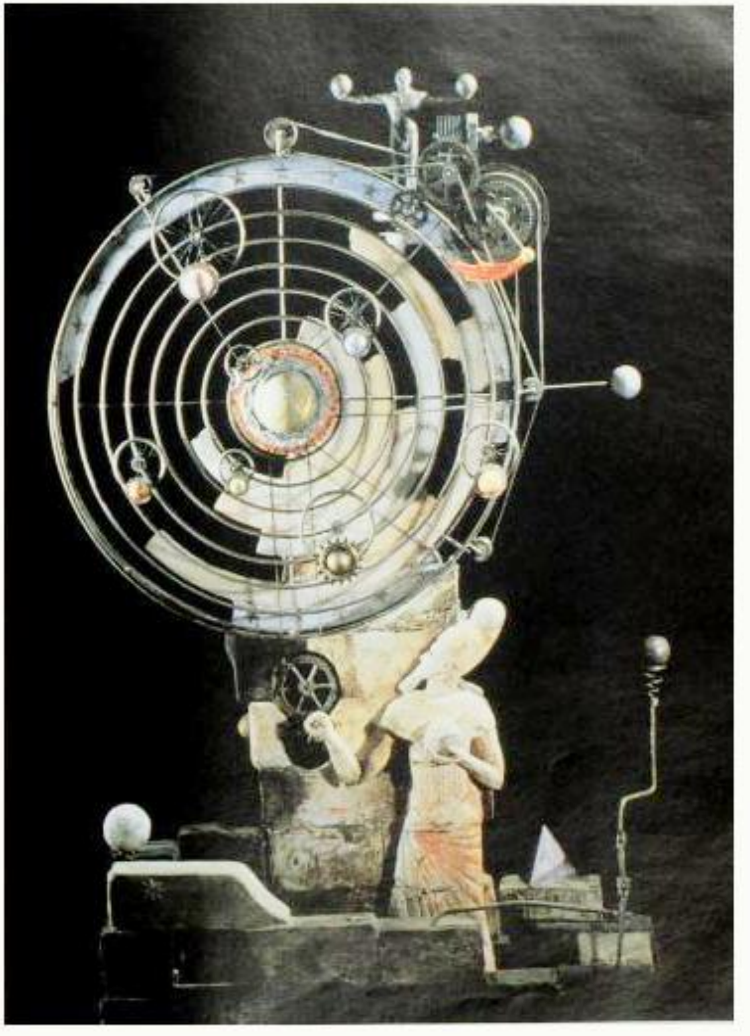


आर्किमिडीजच्या अंदाजानुसार, सूर्य हा चंद्राच्या तीसपट मोठा होता. पण त्याचा हा अंदाज युडोक्ससच्या अंदाजाशी जुळत नव्हता. युडोक्ससनुसार, सूर्य चंद्राच्या फक्त नऊपट मोठा होता. आर्किमिडीजचे वडील फिडिअस यांनीही सूर्याच्या आकाराचा अंदाज बांधला होता. त्यांच्यामते, सूर्य चंद्राच्या बारापट मोठा होता. खरंतर, हे सर्वच अंदाज चुकीचे होते. सूर्य हा चंद्राच्या 6.4 कोटी इतके पट मोठा आहे. आपल्याला कदाचित त्यांचे अंदाज हास्यास्पद वाटतील. पण त्याकाळात टेलिस्कोपसारखी साधने अस्तित्वात नव्हती, हे आपल्याला ध्यानात घ्यावे लागेल.

आर्किमिडीजचा अलेक्झांड्रियात राहाणारा मित्र इराटोस्थेनिस याने पृथ्वीचा परीघ 40,000 किलोमीटर आहे, हे आकडेमोड करून ठरवले होते. आर्किमिडीजने दुसरी एक प्रचंड मोठी आकडेमोड करण्यासाठी याचा उपयोग केला. प्रचंड मोठ्या संख्यांची आकडेमोड करणे शक्य आहे, हे त्याला लोकांपुढे सिद्ध करायचे होते. ग्रीक पद्धतीने मोठ्या संख्यांची आकडेमोड करणे, हे फार क्लिष्ट काम होते. म्हणून, आर्किमिडीजने एक नव्या प्रकारची संख्या, *क्रमिक संख्या (ऑर्डर नंबर),* निर्माण केली. आज संशोधक मोठ्या संख्या ज्या पद्धतीने लिहितात, त्याच पद्धतीने हे ऑर्डर नंबर लिहीतात. आर्किमिडीजने संपूर्ण विश्व भरून टाकायला वाळूचे किती कण लागतील, याची आकडेमोड करण्याचा प्रयत्न केला. त्यासाठी त्याने आधी संपूर्ण पृथ्वीमध्ये किती वाळूचे कण मावतील, याची आकडेमोड केली. मग त्याने सूर्याच्या पोटात किती पृथ्वी मावतील हे काढले. मग त्याने त्याच्या तारांगणाच्या प्रतिकृतीतील ग्रहांच्या गोलांमध्ये किती सूर्य मावतील, याची आकडेमोड केली. या किंमतीला त्याने 10000 ने गुणले, कारण त्याच्यामते, ताऱ्यांचे गोल हे ग्रहांच्या गोलाच्या 10000 पट मोठे होते. या आकडेमोडीच्या शेवटी त्याला एक प्रचंड मोठी संख्या मिळाली. ही संख्या लिहिताना 10 पुढे 63 शून्य लिहावी लागतात. पण ग्रीकांना शून्यासाठी काय चिन्ह लिहावे हे माहीत नव्हते. त्यामुळे आर्किमिडीजला ही संख्या खाली शब्दांद्वारेही दाखवावी लागत असे.

अशा आकडेमोडी खूप महत्त्वाच्या होत्या. कारण त्यातूनच कळत असे की संख्या अमर्याद मोठी असू शकते आणि संख्या कितीही मोठी असली तरी आपण त्यांची आकडेमोड करू शकतो.

लगतचे चित्र: सौरमालेच्या या प्रतिकृतीत इजिप्शियन खगोलअभ्यासक *टॉलेमी* एक हँडल फिरवताना दिसत आहे. त्याच्या या कृतीमुळे सर्व ग्रह पृथ्वीभोवती फिरू लागतात. ई.स. 100 ते 178 हा टॉलेमीचा आयुष्यकाल होता. पृथ्वी विश्वाच्या केंद्रस्थानी आहे आणि सूर्य, चंद्र, तारे पृथ्वीभोवती फिरत आहेत, या *ॲरिस्टॉटलच्या* कल्पनेचा त्याने प्रसार केला. या विचाराचा पगडा ई.स. 1543 पर्यंत लोकांवर राहीला. त्यानंतर पोलीश खगोलअभ्यासक *निकोलस कोपर्निकस* याने पृथ्वी आणि इतर ग्रह सूर्याभोवती फिरतात, हे सिद्ध केले.

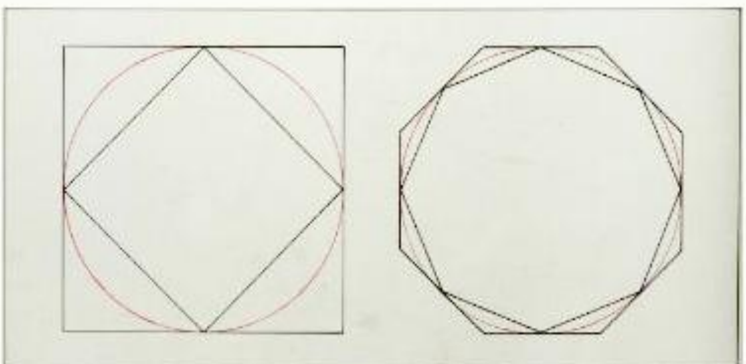


6. आर्किमिडीज आणि गणित

आर्किमिडीजला गणित, विशेषत: भूमिती, विषयात खूप रस होता. त्याला वक्र रेषा, त्यांच्या आतील भागाचे क्षेत्रफळ आणि घन वस्तुंचे आकारमान यांचा अभ्यास करण्यात रुची होती.

त्याने वर्तुळाच्या आतील भागाचे क्षेत्रफळ काढण्याची पद्धत शोधून काढली. प्राचीन इजिप्शियन विद्वान वर्तुळाचे क्षेत्रफळ काढण्यासाठी एक पद्धत वापरत असत. परंतु अचूक क्षेत्रफळ काढण्यासाठी ती पद्धत पुरेशी नव्हती. ते लोक वर्तुळाच्या बाहेर त्याला स्पर्श करणारा एक चौरस काढत. असाच एक चौरस ते वर्तुळाच्या आतदेखील काढत. मग ते दोन्ही चौरसांचे क्षेत्रफळ काढत. वर्तळाचे क्षेत्रफळ या दोन चौरसांच्या क्षेत्रफळांच्या दरम्यान असे. आर्किमिडीजने हीच पद्धत आणखी थोडी विकसित केली. त्याने वर्तुळाच्या आत-बाहेर चौरसांऐवजी अनेक बाजू असलेल्या आकृत्या काढल्या. या आकृत्यांना तब्बल 96 बाजू असत. त्यामुळे या बाजू वर्तुळाच्या वक्र कडांच्या अत्यंत जवळ असतात. त्याला आढळले की वर्तुळाचा परीघ नेहमीच त्याच्या व्यासाच्या 22/7 पट असतो.

ही संख्या आपण π या ग्रीक अक्षराने दर्शवतो. π हे अक्षर वर्तुळाचा परीघ आणि वर्तुळाचा व्यास यांचे गुणोत्तर आहे. आज आपण π ची 3.14159.... ही किंमत आकडेमोडींसाठी वापरतो. (π च्या किंमतीच्या शेवटी दर्शवलेले बिंदू पुढे अमर्याद अंक आहेत, असे दर्शवतात).



(डावीकडील आकृती) वर्तुळाचे क्षेत्रफळ काढण्याकरिता इजिप्शियन लोक वर्तुळाच्या बाहेर तसेच आत चौरस काढत. वर्तुळाचे क्षेत्रफळ या दोन चौरसांच्या क्षेत्रफळांदरम्यान असे.

(उजवीकडील आकृती) आर्किमडीजने ही पद्धत विकसित केली. त्याने वर्तुळाच्या आत-बाहेर चौरसांऐवजी जास्त बाजू असलेल्या रचना काढल्या

वर्तुळाचे क्षेत्रफळ

π म्हणजे वर्तुळाचा परीघ आणि व्यास यांचे गुणोत्तर. सर्व वर्तुळांमध्ये हे गुणोत्तर 3.14159.... किंवा 22/7 एवढेच येते. वर्तुळाचा आकार कितीही लहान-मोठा असो, त्याचा परीघ नेहमी त्याच्या व्यासाच्या तीनपटींपेक्षा थोडा मोठा असतो.

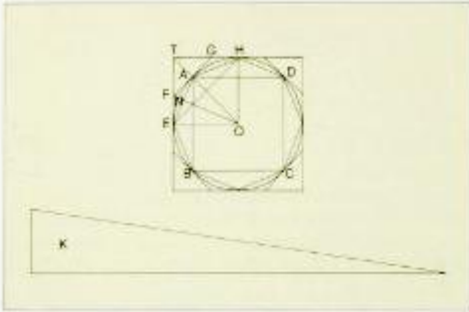
वर्तुळाचे क्षेत्रफळ काढण्यासाठी आधी त्याच्या त्रिज्येची लांबी माहीत असावी लागते. त्रिज्या म्हणजे वर्तुळाच्या मध्यापासून परिघापर्यंतचे अंतर. त्रिज्या ही व्यासाच्या निम्मी असते.

समजा, एका वर्तुळाची त्रिज्या 2 सेंटीमीटर आहे. या वर्तुळाचे क्षेत्रफळ काढण्याकरिता प्रथम त्रिज्येला त्रिज्येनेच गुणावे. म्हणजे, 2 × 2 = 4 वर्ग सेंटीमीटर. यानुसार, वर्तुळाचे क्षेत्रफळ, 4 वर्ग सेंटीमीटर × 22/7 = 12.57 वर्ग सेंटीमीटर, एवढे येते.

बीजगणितात वर्तुळाचे क्षेत्रफळ पुढील प्रकारे दाखवतात.

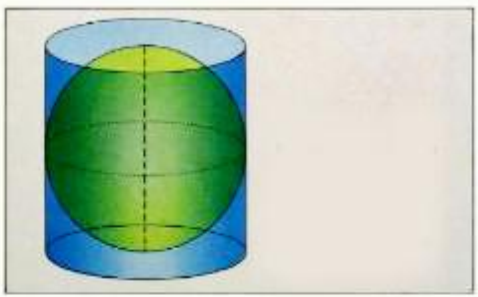
वर्तुळाचे क्षेत्रफळ = πr^2 (r म्हणजे त्रिज्या)





आर्किमिडीजच्या पुस्तकातून घेतलेले चित्र. या चित्राद्वारे त्यांनी सिद्ध केले की वर्तुळाचे क्षेत्रफळ आणि एखाद्या काटकोन त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ समान असते, जेव्हा त्या त्रिकोणाची एक बाजू वर्तुळाच्या त्रिज्येएवढी असते आणि दुसरी बाजू वर्तुळाच्या परिघाएवढी असते.

आर्किमिडीजला आढळून आले की π ची किंमत 3.1405 आणि 3.1428 यांच्या दरम्यान असते. हे निरीक्षण अगदी अचूक आहे (आधुनिक गणितज्ज्ञ π ची अधिकाधिक अचूक किंमत मिळवण्याचा प्रयत्न करत असतात. संगणकाद्वारे आता ही किंमत 48 कोटी दशांशचिन्ह स्थानापर्यंत मिळालेली आहे). दशांश संख्या लिहिण्याची पद्धत आर्किमिडीजनंतर बऱ्याच काळाने शोधण्यात आली. त्यामुळे आर्किमिडीजला π ची किंमत अपूर्णांकाच्या रुपात लिहावी लागली.



गोलाचे आकारमान वृत्तचित्तीच्या (सिलिंडरच्या) आकारमानाच्या दोन-तृतीयांश असते, जेव्हा सिलिंडरची उंची आणि रुंदी गोलाच्या व्यासाएवढीच असते, हा नियम आर्किमिडीजने सिद्ध केला.

वर्तुळाचे क्षेत्रफळ आणि एखाद्या काटकोन त्रिकोणाचे क्षेत्रफळ समान असते, जेव्हा त्या त्रिकोणाची एक बाजू वर्तुळाच्या त्रिज्येएवढी असते आणि दुसरी बाजू वर्तुळाच्या परिघाएवढी असते, हे आर्किमिडीजनेच सिद्ध केले होते.

आपला हा शोध आणि π चे ज्ञान या बळावर आर्किमिडीजने वर्तुळाच्या क्षेत्रफळाचे सूत्र तयार केले. आजही आपण या सूत्राचा उपयोग करतो. हे सूत्र आहे:

वर्तुळाचे क्षेत्रफळ = πr^2 (r म्हणजे त्रिज्या)

आर्किमिडीजने गोलांचाही अभ्यास केला. गोलाच्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ त्या गोलाच्या मध्यभागातून काढलेल्या वर्तुळाच्या क्षेत्रफळाच्या चारपट असते, हे त्याने सिद्ध केले. तसेच, गोलाचे आकारमान हे त्या गोलाभोवती काढलेल्या वृत्तचित्तीच्या (सिलिडरच्या) आकारमानाच्या दोन-तृतीयांश इतके असते, जेव्हा त्या सिलिंडरची रुंदी आणि उंची गोलाच्या व्यासाइतकीच असतात, हेदेखील त्याने सिद्ध केले. आर्किमिडीजला हा निष्कर्ष एवढा आवडला की आपल्या मृत्यूनंतर हा सिद्धांत आपल्या कबरीवर कोरण्यात यावा, अशी इच्छा त्याने व्यक्त केली.



आर्किमिडीजने *लंबवर्तुळ, हायपरबोला* आणि *पॅराबोला* या वक्र रचनांचा अभ्यास केला. हे वक्र शंकुचे भाग *(कोनिक सेक्शन)* म्हणून ओळखले जातात. कारण शंकू कापल्यावर आपल्याला हेच भाग मिळतात.

यानंतर आर्किमिडीजने गोलाच्या आकारमानाचे सूत्र शोधले.

गोलाचे आकारमान = $4/3 \ \pi r^3$ (r म्हणजे गोलाची त्रिज्या).

आर्किमिडीजला अंकांची आकडेमोड करण्यात गंमत वाटत असे. एकदा त्याने आपल्या शिष्यांसाठी एक गणित तयार केले. गणित असे होते:

सूर्याकडे गायी-बैलांचा ताफा होता. काही पांढरे होते, काही राखाडी, काही तपकिरी तर काही ठिपके असलेले होते. ठिपके असलेल्या बैलांची संख्या पांढऱ्या बैलांच्या संख्येपेक्षा राखाडी बैलांच्या संख्येच्या 5/6 पटीने कमी होती. ठिपके असलेल्या बैलांची संख्या राखाडी बैलांच्या संख्येपेक्षा तपकिरी बैलांच्या संख्येच्या 9/20 पटीने कमी होती. ठिपके असलेल्या बैलांची संख्या तपकिरी बैलांच्या संख्येपेक्षा पांढऱ्या बैलांच्या संख्येच्या 13/42 पटीने कमी होती. पांढऱ्या बैलांची संख्या राखाडी गायी आणि बैल यांच्या एकूण संख्येच्या 7/12 इतकी होती. राखाडी गायींची संख्या तपकिरी गायी-बैलांच्या एकूण संख्येच्या 9/20 इतकी होती. तपकिरी गायींची संख्या ठिपके असलेल्या गायी-बैलांच्या एकूण संख्येच्या 11/30 इतकी होती. ठिपके असलेल्या गायींची संख्या पांढऱ्या गायी आणि बैलांच्या एकूण संख्येच्या 13/42 इतकी होती. तर ताफ्यामध्ये प्रत्येक रंगाची गाय तसेच बैल किती होते?

ही अतिशय क्लिष्ट गणिती समस्या आहे. बीजगणितातील अत्यंत निपुण व्यक्तीच ही समस्या सोडवू शकते. ग्रीक लोकांना बीजगणिताचे ज्ञान नव्हते. त्यामुळे आर्किमिडीजच्या मित्रांना ही समस्या सोडवणे खूप कठीण गेले असावे. या समस्येची अनेक उत्तरे निघू शकतात. म्हणजेच, या समस्येला अमर्याद उत्तरे आहेत. सर्वात लहान उत्तर आहे,

ठिपके असलेले बैल = 4,149,387

पांढरे बैल = 10,366,482

तपकिरी बैल = 4,149,387

राखाडी बैल = 7,460,514

ठिपके असलेल्या गायी = 5,439,213

पांढऱ्या गायी = 7,206,360

तपकिरी गायी = 3,515,820

राखाडी गायी = 4,893,246

असे म्हणतात की आर्किमिडीजने काढलेल्या उत्तरांमधील संख्या वरील उत्तरांमधील संख्यांच्या 80 पट मोठ्या होत्या.

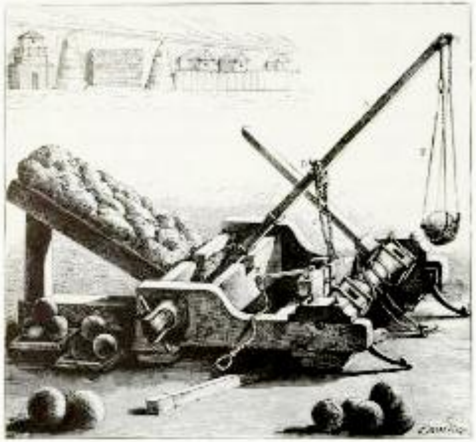
7. सिरॅक्यूजचा वेढा

ई.स. पूर्व 216 मध्ये राजा हायरॉनचा मृत्यू झाला. नवा राजा हिप्पोक्रेट्स याने आफ्रिकेच्या किनाऱ्यावरील एक विशाल शहर *कार्थेज* (आजचे *ट्युनिशिया*) येथील राजाशी मैत्रीचा करार केला. परंतु कार्थेज आणि रोम यांच्यात शत्रुत्व होते. रोम हेदेखील भूमध्यसागरी क्षेत्रातील एक बलाढ्य राज्य होते. रोमन लोकांनी सिरॅक्यूजवर आक्रमण करून तेथे आपल्याशी मैत्रीचे नाते ठेवेल, असा राजा सिंहासनावर बसवण्याचा बेत आखला.

या आक्रमणाचे नेतृत्व *मार्सेलस* नावाच्या प्रसिद्ध सेनापतीकडे होते. प्रचंड मोठी सेना आणि साठ जहाजांचा ताफा घेऊन तो निघाला. ही जहाजेही खूप मोठी होती. जहाजाच्या प्रत्येक बाजूला पाच रांगा करून शंभरापेक्षा जास्त नाविक जहाज वल्हवत होते. नाविकांकडे मोठमोठ्या गलोली होत्या. त्यातून दगडांचे मोठमोठे तुकडे शहरात भिरकावणे शक्य होते. युद्धासाठी *संबुका* नावाचे एक भव्य यंत्र बनवलेले होते. त्यात चाकांवर बसवलेली एक शिडी होती. या शिडीवर एक पूल होता. हा पूल शहराच्या तटबंदीवर चढवणे शक्य होते.



रोमन सेनापती मार्सेलस. यानेच ई.स. पूर्व 212 मध्ये सिरॅक्यूजवर आक्रमण केले.



रोमन यंत्र.
यातील गलोल
खूप दूरपर्यंत दगड
भिरकावू शकत
असे.

संबुका हे यंत्र एवढे विशाल होते की ते वाहून नेण्यासाठी आठ जहाजे एकत्र बांधून त्यांच्यावर चढवावे लागत असे. आपण सिरॅक्यूजचा सहज पराभव करू, असे मार्सेलसला वाटत होते. परंतु त्याचा सामना आर्किमिडीजशी होणार आहे, हे त्याला ठाऊक नव्हते.

असे म्हणतात की आर्किमिडीजने शहराच्या तटबंदीवर वक्र पृष्ठ असलेले मोठमोठे आरसे चढवले. रोमन सेना दृष्टिक्षेपात येताच त्याने या आरशांद्वारे सूर्याची प्रखर किरणे त्यांच्या जहाजांवर केंद्रित केली. यामुळे जहाजांवर प्रचंड उष्मा निर्माण होऊन अनेक जहाजांनी पेट घेतला. इतर जहाजांवर आपण बनवलेल्या मोठ्या गलोलींद्वारे मोठे दगड फेकून आर्किमिडीजने त्यांनाही नष्ट केले.

संबुकाचे काय झाले याबाबत रोमन इतिहासकार *प्लुटार्कने* लिहून ठेवले आहे: *संबुका शहराच्या तटबंदीनजिक पोहोचताच एक भलामोठा दगड वेगाने येऊन त्याच्यावर आदळला, मग दुसरा दगड आणि त्यानंतर तिसरा दगड आदळले. हे दगड अत्यंत वेगाने आदळल्यामुळे ढगांच्या गडगडाटासारखा आवाज झाला. त्यामुळे संबुक अक्षरश: खिळखिळे झाले, त्याच्या पायाचे तुकडेतुकडे झाले, त्याचे अवयव निखळून पडले आणि समुद्रात जाऊन पडले.*

एखादे जहाज शहराच्या नजिक येताच त्याला विशालकाय तरफेच्या साहाय्याने अतिविशाल आकड्यात अडकवून पाण्यातून उचलण्यात आले आणि अतिउंचावरून पुन्हा समुद्रात टाकण्यात आले.

आपले आक्रमण पूर्णत: फसलेले आहे, हे लक्षात येताच मार्सेलसने आपली सेना मागे वळवली आणि शहरापासून एका सुरक्षित ठिकाणी नेली. तो सैन्याला म्हणाला: *आपण या भौमितीक ब्रायेरियसशी लढू शकत नाही. ही यंत्र आपल्या जहाजांना हवेत सहज वर उचलून फेकून देतायत, आपल्यावर एकाचवेळी मोठमोठ्या दगडांचा मारा करतायत. ही यंत्र तर पुराणातल्या दैत्यावरही मात करतील.*

ब्रायेरियस हे ग्रीक पुराणातील *एका दैत्याचे नाव आहे.* या दैत्याला शंभर हात असतात.



काही दंतकथांनुसार,
आर्किमिडीजने मोठमोठे
आरसे वापरून सूर्याची
प्रखर किरणे रोमन
जहाजांवर केंद्रित केली.

मार्सेलसने शहराला वेढा घालण्याचा निश्चय केला. सिरॅक्यूजला वेढा घालून त्याने शहराची रसद तोडली. हा वेढा तब्बल तीन वर्षे कायम होता. अखेरीस, तटबंदीच्या एका भागात कुणाचा पहारा नाही, हे पाहून रोमन सैन्य शहरात शिरकाव करण्यात यशस्वी झाले.

एक सैनिक आर्किमिडीजच्या घरात शिरला. आर्किमिडीज एक गणित सोडवत बसला होता. रोमन सैनिक शहरात शिरले आहेत, याचा त्याला पत्ताच नव्हता. तो ओरडला, “बाहेर हो, मला माझं काम पूरं करू दे.” सैनिक या सुप्रसिद्ध व्यक्तिला ओळखत नव्हता. त्याने आपली तलवार उपसली आणि आर्किमिडीजला ठार केले. ही गोष्ट ऐकल्यावर मार्सेलसला तीव्र दु:ख झाले. त्याने आपल्या सैनिकांना आधीच आदेश देऊन ठेवले होते की आर्किमिडीजच्या केसालासुद्धा धक्का लागता कामा नये. पण आता खूप उशीर झाला होता. आर्किमिडीजचा अंत्यसंस्कार अत्यंत सन्मानपूर्वक आणि दिमाखदार पद्धतीने करण्यात आला. त्याच्या कबरीवर त्याच्या इच्छेनुसार, सिलिंडरच्या आत गोल हे भौमितीक चित्र कोरण्यात आले. ते पाहून जगभरातील लोकांना आर्किमिडीजचे कायम स्मरण राहाते.



आर्किमिडीजची अखेर दर्शवणारे एक भित्तीचित्र.

आर्किमिडीज क्रो हा एक *महाकाय यांत्रिक हात* होता. असे म्हणतात की सिरॅक्यूजचे रक्षण करण्यासाठी हा हात शत्रुच्या जहाजांना पाण्यात पलटून टाकत असे. खालील चित्रात असे तीन *हात* दिसत आहेत.



आर्किमिडीजला आशा होती की त्याचे कार्य भविष्यात विद्वांनाच्या उपयोगी पडेल. विशेषत: भौमितीक सिद्धांत शोधणारी त्याची पद्धत उपयोगी पडेल, असे त्याला वाटत असे. दुर्दैवाने, पुढे कित्येक वर्षे त्याच्या या पद्धतीबद्दल जग अनभिज्ञच राहीले. त्यामुळे त्याच्यानंतरच्या विद्वानांवर आर्किमिडीजचा फारसा प्रभाव पडला नाही. परंतु त्याने शोधलेल्या सिद्धांतांचे महत्त्व आजदेखील आहे. उदाहरणार्थ, वर्तुळाच्या क्षेत्रफळाचे आणि सिलिंडरच्या आकारमानाचे सूत्र, पाय चिन्हाची किंमत. भौमितीक आकृतीचे क्षेत्रफळ काढण्याची त्याची पद्धत आजही गणितज्ज्ञांना उपयोगी पडते. संशोधक वापरत असलेल्या *कॅलक्युलस* या गणिती शाखेत आर्किमिडीजच्या पद्धतींचा समावेश केलेला आहे.

आर्किमिडीजच्या यंत्रांबद्दल प्रचलित असलेल्या कथांवर तात्काळ विश्वास ठेवणे कठीण जाते. परंतु, तरफ, कप्पी तसेच आर्किमिडीजचा स्क्रू यांचा वापर आजदेखील केला जातो. आणि अर्थात, शाळेतील प्रत्येक विद्यार्थी वस्तू पाण्यात का तरंगते, हे स्पष्ट करणारा आर्किमिडीजचा सिद्धांत शिकल्याशिवाय पुढे जात नाही.

तारखानुक्रम

ई.स. पूर्व सुमारे 570 ते 500 : पायथागोरसने म्हटले की संख्या आणि भूमिती हे विषय विश्व समजून घेण्याची किल्ली आहेत.

ई.स. पूर्व सुमारे 500 ते 428 : अनेक्झागोरसने म्हटले की सूर्य हा पृथ्वीपेक्षा मोठा एक तप्त लाल खडक आहे आणि सूर्यप्रकाशामुळेच चंद्र चमकतो.

ई.स. पूर्व सुमारे 460 ते 370 : डेमोक्रिट्सने म्हटले की प्रत्येक वस्तू अणू या सूक्ष्म कणांनी बनलेली आहे.

ई.स. पूर्व सुमारे 460 ते 377 : हिप्पोक्रेट्सने वैद्यक पद्धतीचा वैज्ञानिक अभ्यास सुरू केला.

ई.स. पूर्व सुमारे 427 ते 347 : महान तत्त्वज्ञ प्लेटोने तर्कशुद्द विचार आणि भौमितीक कारणमिमांसा यांचे महत्त्व विशद केले.

ई.स. पूर्व सुमारे 408 ते 355 : युडोक्ससने म्हटले की ग्रह हे पृथ्वीभोवती फिरणाऱ्या पारदर्शक गोलांना जोडलेले आहेत.

ई.स. पूर्व 384 ते 322 : प्लेटोचा शिष्य ॲरिस्टॉटल याने निसर्गाचा वैज्ञानिक अंगाने अभ्यास करण्यास सुरुवात केली.

ई.स. पूर्व सुमारे 310 ते 230 : अरिस्टार्कसला जाणवले की सूर्य हा पृथ्वीपेक्षा खूप मोठा आहे. त्याला हेदखील कळले की पृथ्वी सूर्याभोवती फिरत असते. (ही कल्पना ग्रीक संशोधकांनी स्वीकारली नाही. परंतु पोलीश खगोलअभ्यासक निकोलस कोपर्निकस याने 1543 साली या कल्पनेचा पुनरुज्झार केला आणि त्याला इटलीच्या गॅलेलिओने उचलून धरले. परंतु तेव्हादेखील ही कल्पना बहुसंख्य लोकांनी स्वीकारली नाही.

ई.स. पूर्व 273 ते 192 : इराटोस्थेनिसने पृथ्वीच्या आकाराचे मोजमाप केले आणि ज्ञात जगाचा नकाशा बनवला.

ई.स. 127 ते 148 : क्लॉडियस टॉलेमीने ग्रीक खगोलशास्त्राचा अभ्यास केला. यातच सूर्य पृथ्वीभोवती फिरतो, हे गृहितक मांडले होते.

शब्दार्थ

बीजगणित (Algebra) : गणिताच्या या प्रकारात अज्ञात संख्यांसाठी चिन्हे वापरली जातात.
खगोलशास्त्र (Astronomy): यामध्ये रात्रीच्या आकाशातील तारे, ग्रह आणि इतर गोल यांचा अभ्यास करतात.
अणू (Atom): पदार्थाचा सर्वात लहान कण.
उत्प्लावक बल (Buoyancy) : हे बल द्रवात तरंगणाऱ्या वस्तुला आधार देते.
परीघ (Circumference) : वर्तुळाच्या वक्राची लांबी.
घनता (Density) : पदार्थातील अणू किंवा रेणू किती दाटीने एकमेकांनजिक राहात आहेत, ते घनता दर्शवते.
व्यास (Diameter) : वर्तुळाच्या परीघावरील समोरासमोरील बिंदूंमधील अंतर. हे अंतर केंद्रामार्गे मोजायचे.
ग्रहण (Eclipse) : ग्रहणात एक खगोल दुसऱ्या खगोलाआड येऊन त्याचा प्रकाश अडवतो. जेव्हा चंद्र सूर्याआड येऊन त्याचा प्रकाश अडवतो, तेव्हा सूर्यग्रहण होते.
प्रयोग (Experiment) : एखादी वैज्ञानिक संकल्पना सत्य आहे की नाही, हे पडताळून पाहाण्यासाठी प्रयोगशाळेत करण्यात येणारे परिक्षण. प्रयोगाद्वारे नवनवीन ज्ञान मिळवता येते.

आकृती (Figure) : भौमितीक आकार उदाहरणार्थ, त्रिकोण किंवा वर्तुळ.
भूमिती (Geometry) : या गणिती शाखेत रेषा, कोन, पृष्ठे आणि घन आकारांचा अभ्यास करतात.
हायड्रोमीटर (Hydrometer) : द्रवाची घनता मापण्याचे एक उपकरण.
हायड्रोस्टॅटीक्स (Hydrostatics) : स्थिर द्रवाचा (उदा. पिंपातील किंवा धरणातील स्थिर पाणी) अभ्यास करणारे विज्ञान.
तरफ (Lever) : अतिजड वजन उचलणारे यंत्र. यात एक दांडा एका टेकूवर वर-खाली होतो.
गणित (Mathematics) : संख्यांचा आणि त्यांच्या आकडेमोडींचा अभ्यास करणारे विज्ञान. यात अंकगणित, बीजगणित आणि भूमिती यांचा समावेश होतो.

मॅकॅनिक्स (Mechanics) : या विज्ञान शाखेत यंत्रांच्या कार्यप्रणालीचा अभ्यास करतात.
पपायरस (Papyrus) : प्राचीन इजिप्शियन लोकांनी एका झाडाच्या खोडापासून बनवलेला कागद.

आर्किमिडीज हा ग्रीसचा सर्वात महान संशोधक होता. तो एक खगोलअभ्यासक होता. त्याने ग्रह-ताऱ्यांची गती दर्शवण्यासाठी एक प्रतिकृती बनवली. तो एक कुशल गणितज्ज्ञ होता. त्याने वर्तुळाचे क्षेत्रफळ आणि गोलाचे आकारमान काढण्याचे सूत्र विकसित केले तसेच भूमितीची अनेक सूत्रे सिद्ध केली.

आर्किमिडीजने तरफ आणि कप्पी या यंत्रांच्या कार्यपद्धतीचा अभ्यास केला आणि अतिजड वजने उचलण्यासाठी त्यांचा उपयोग केला. त्याने शोधलेला आर्किमिडीज स्क्रू हे यंत्र विहिरीतून पाणी वर खेचत असे. आजदेखील काही ठिकाणी लोक अशा यंत्राचा वापर करतात. त्याचा उत्प्लावक बलाचा सिद्धांत आजही शाळांमध्ये शिकवतात. आर्किमिडीजला **प्रायोगिक विज्ञानाचा जनक** म्हटले जाते. त्याने आपल्या कल्पना पडताळून पाहाण्यासाठी प्रयोग केले आणि भविष्यातील वैज्ञानिक प्रगतीचा पाया रचला.